

特集

エネルギーの長距離輸送

液体水素の形態での輸送

Liquid Hydrogen Transportation

花田 卓爾*

Takuji Hanada

1. はじめに

水素は、クリーンなエネルギーの一つとして、今、また注目されはじめた。「また」と言うのは、昭和48年の所謂第一次エネルギーショックと呼ばれている石油危機が発生した時、特に米国で発生した航空機燃料の不足から引き起された混乱に対する解決策として、石油に頼らない燃料として液体水素が検討され、多くの報告書が作成された。しかし、この時の報告書の大半が液体水素の利用に関するもので、如何に経済的に化石燃料を使わずに製造するかという考え方に基づいた検討はほとんどされなかった。資源的には、水素は二次エネルギーであるため、総合エネルギーの利用効率から見ると他のエネルギーと比べて悪くなるため、我が国のサンシャイン計画やムーンライト計画でも水素エネルギーは取り上げられたが、進展を見ないで今日に至っている。

昭和60年代に入って、地球の温暖化が国際的な問題となり、石油の枯渇と相俟って、クリーンなエネルギーの一つとして水素が再び注目されはじめた。この水素を得るのにも、豊富な水力、余剰の夜間電力、太陽光や熱、などを使って化石燃料に頼らずに発電しその電力で水を分解して生産し、液体として消費地へ運ぶことが考えられている。これらの利用可能な資源の所在地とエネルギーの消費地は、多くの場合隔てられた距離にあるため効率良く製造し、安全に目的地まで輸送する方法が種々検討されている。本稿では、液体水素の性質、液体水素輸送の現状を簡単に報告し、主として船舶による大量長距離輸送方法について検討された報文を紹介し、今後の課題を考えてみた。

折しも、通産省はサンシャイン計画とムーンライト計画を総合して新しく「エネルギー・地球環境技術推

進制度」(仮称)を発足させ、この計画のはじめに海外の余剰水力発電の電力を利用して水を電気分解して水素を生産し、日本へ輸入する実証試験を1993年度より開始しようとしている。この水素の輸入が、液体水素となるか、水素化物としてメタノールやシクロヘキサンとなるかは兎も角、水素をエネルギーとして大量に輸送することが検討されはじめられることは歓迎しい。

2. 液体水素の性質

液体水素は、他の液化ガスと比べて多くの特徴を持っており、特に輸送に関係する物性をLNG(液化天然ガス)と併記して表1に示した。

この表からも判るように、液体水素は、温度が低い、軽い、嵩が大きい、などの特徴があり、後述するように、これらが液体水素の輸送に大きく影響を与える。

表1 液体水素とLNG(液体メタン)の物性^{1),2)}

	水 素	メ タ ン
分子記号	H ₂	CH ₄
原子数	2.016	16.042
単位体積重量	0.0899kg/m ³	0.7153kg/m ³
空気に対する比重	0.0695	0.554
粘性係数	0.0842g/cm・s	0.1026g/cm・s
沸点	-252.79°C	-161.4°C
融点	-259.14°C	-184°C
臨界温度	-239.9°C	-82.5°C
臨界圧力	12.8atm	45.8atm
液体重量	70.779g/ℓ	422.62g/ℓ
液気体積膨脹比	1:845(20°C, 1気圧)	1:649(20°C, 1気圧)

3. 液体水素の輸送の現状

現在行われている液体水素の輸送方法を示すと表2のようになる。パイピングによる輸送は、ロケット打上げ基地内の距離を出ず長距離輸送とは言い難い。

ローリー(図-1)による輸送は、各国で基準が異なる

* テイサン(株)理事・ガス営業事業本部副本部長

〒135 東京都江東区東雲1-9-1

表2 現在使用されているLH₂輸送手段と現状³⁾

輸送手段	日本	米 国	欧 州	備 考・コメント
配 管	種ヶ島打上げ基地内全長1km以内位か。	スペースシャトル打上げ基地内数km位と予想	アリアンヌ打上げ基地(南米ギアナ)の基地内1km位か。	現状ではどこも長距離輸送とは言えない長さである。
タンク仕様	21,870ℓ(水容量), 12kg/cm ² G 2.5m ² ×12m ² ×3.8m ² , 20 ^{TON} (道交法の基準内)(図-1)	13,275USgal. 45psig. 8'W×55'L×13'H	42,000ℓ, 12kg/cm ² G, 2.46m ² ×11.6m ² ×2.256m ² (図-3)	ローリーによる輸送は各国共長距離輸送を行っていると言える。しかし、工業ガスの輸送であってエネルギーの輸送と言うには1回の輸送量が少なすぎる。
輸送距離	大分県大分市→宮城県角田市 片道約1,700km 兵庫県尼崎市→鹿児島県種ヶ島 片道約930km	米国内片道約2,000km位	ヨーロッパ全土片道約700km位	
コンテナ仕様	ISO規格40'型を使用。11,000USgal. 4.2kg/cm ² G. LN ₂ シールド付。LH ₂ 専用とLH ₂ /LHe兼用型あり	→	→	長距離輸送と十分言える距離を運んでいる。LN ₂ の補充を続ければ180日間貯蔵が可能なもの良い。日本に輸入する場合75%しか充填して輸入できない。また日本で再液化したり充填はすることができない。(図-2)
輸送状況	カナダ東海岸より大陸横断し日本へ定期的に輸入している。米国内安全管理者設定、積出し港の制限などあり	東海岸ポルティモアよりフランスへ向けて50基程積出しの実績あり	ベルギーアントワープより南米ギアナにロケット打上げ用として積出していたが本年より不要となり中止	
はしけ運行	なし	270,000USgal, 195'L×45'W×30'H(図-4) ミシシッピ川を運行	なし	内航船としてのバージ型、タンクを搭載したもの
貨車	なし	36,100USgal, 100psig max83'3"L×10'2'3/8"W×15'1/4"H 約100台建造されたが運行管理が困難なためほとんど使用されていない。(図-5)	なし	断熱方法は積層多層巻で製作されている。



図-1



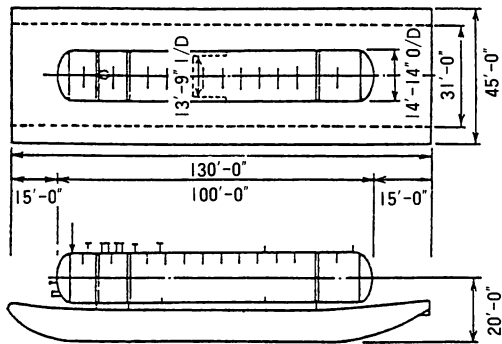
図-3



図-2

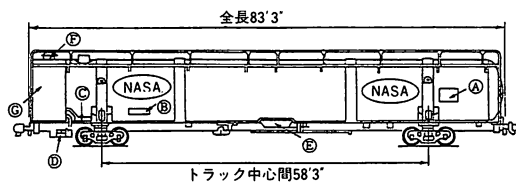
るため、最大輸送量に差がある。1回に運べる量は少ないが、輸送距離は各国共長距離輸送と言えるものである。

コンテナ(図-2)は、ISO規格のものが使われているが、液体水素専用のもの、液体ヘリウム/液体水素兼用のものがあり、いずれも液体窒素の冷却シールド付で、液体窒素を補充すれば180日間液体水素を貯蔵できる構造となっている。フランスからギアナへのコンテナによる輸送はギアナに液化装置が建設されて中止されたが、現在定期的にカナダ東海岸より日本まで17日間で運ばれている。米国では、コンテナへの充填は、ガススペースを5%残して液体水素を充填



タンク容量 270,000gal 液体容量 240,000gal
 気化ロス 0.15%/日 断熱方式 パーライト充てん真空

図-4 液体水素輸送用バージ外形図



- | | |
|---------------------|-------------|
| ④ タンク製作仕様 | ⑩ 加圧用コイル |
| ⑤ 貨車輸送案内書 | ⑪ 輸送用ホース格納箱 |
| ⑥ コントロール及び
電源接続口 | ⑫ 自動大気放出口 |
| | ⑬ 操作ボックス |

タンク容量 36,100gal 輸送時 13~17psig
 液体容量 34,400gal 気化ロス 静止時 0.5%/日
 使用圧力 断熱方式 多層巻真空
 積込積降時 空重量 179,700lb
 静止時 3~10psig 充てん(95%)重量 200,000lb

図-5 液体水素輸送貨車外形図

できるが、日本ではガススペースを25%残すように高圧ガス取締法の解釈で求められているため、コンテナへは75%しか液体水素を充填することができない。

バージ(図-4)は、米国のミシシッピー川で運行されているものが唯一で、欧州や日本では運行されていない。

貨車(図-5)は、米国で約100台製造されたが、計画運行の困難さから最近ではほとんど使用されていないようだ。欧州でも建造が計画されたが製作されずに今日に至っている。

このように、液体水素の輸送の現状は、大容量・長距離輸送とは程遠いものである。

4. 大型液体水素輸送船

陸上における液体水素の輸送は、道路状況が現状か

ら大きく変るとは思えず、パイピングを除いて変らないと考える事が妥当であろう。一方、水素を化石燃料を使わずに、経済的に有利な価格で日本に供給しようとする、大容量を遠隔地から専用船で輸送することが考えられる。現在、外洋を航行できる液体水素タンカーは建造されていないが、大型外洋タンカーを対象として検討を試みた。

4.1 搭載タンクの形状と附属機器

表1にも示したように、液体水素の沸点は -253°C と極低温であること、分子量が小さく、粘度も小さいため漏れやすく、拡散しやすい。また、重量当りの蒸発潜熱はLNGと大差ないが、比重が小さいため、体積当りの蒸発量は1桁大きくなる。つまり、このことはLNGのタンクに液体水素を入れると蒸発量は10倍以上となる。このような液体水素の性質から、タンクの形状は、熱ロスを少なくするため表面積の最も小さい球形が望ましいが、一方、船の容積を有効に利用しようとする円筒型が良くなる。断熱方法は、二重殻真空パーライト断熱か積層多層巻真空断熱が考えられる。積層多層真空断熱は、断熱効率は良いが、船上で不規則なゆれや振動によって積層がくずれの心配もあり、パーライト断熱となろう。一重殻タンクの外側にポリウレタン・フォームやフォームグラスなどの固形断熱材を張る型の断熱法は、断熱材の中に含まれている空気が、液体水素の冷熱で液化したり固化する心配や断熱効率の面で採用はできないと考えられる。

常温から液体水素貯蔵時までの熱伸縮量が大きいため、外部への影響を少なくするスカート支持型とし、船の波による歪みなどもタンクに極力与えない構造とする。タンクは、真空ポンプにより排気をし、高真空を維持する。

液体水素の揚荷は、タンク内圧を利用した圧力差で移送することとなるため(液体水素ポンプが未開発)航行中の気化ガスは可能な限り放出せず蓄圧をする。

荷卸し後空荷で積載地に回送する際、タンクの冷却を保てる程度に液体水素をタンク内に一部残すが、この気化ガスは、主駆動機の燃料と混焼させるか、再液化装置を搭載して再度液化をし、有効利用を計る。

125,000 m^3 型のLNG船に比べて、断熱層が厚いため、液体水素タンカーでは7~8%搭載容積は減少する。言い換えれば、125,000 m^3 の液体水素タンカーを建造しようとする、LNG船より船体の長さは約15m、船幅は約3m、深さは1m余り大きくなる。タンク材料は、経済性を考慮しアルミ合金とし、外槽は真

空断熱を設けるため耐バックリング強度も持たせた構造とする。低温のタンクを搭載して運行されているLNG船をモデルに液体水素船のイメージを画くこととなる。

4.2 船体構造

タンクの形状のみを考えると、表面積の最も少ないLNGタンカーのMOS型球型に似た形とすることが最適のように思えるが、液体水素の密度はLNGの1/6と軽いため、喫水が非常に浅い船になってしまう。LNG船では、船体が二重船殻構造となっていて、内外層間に海水バラストを積むのに利用している。液体水素タンカーで同様の構造とすると、積荷の液体水素の5倍もの海水バラストを積まねばならず、不要のバラストを運ぶために大きな動力を消費することとなる。船の操舵性の一つを喫水深さ (d) と船の長さの (L) の比で見ると、125,000m³のLNG船で (d/L) が0.04のものが、液体水素では0.025位となり、操舵性を悪くすることとなる。また、喫水が浅くなるために、推進効率が高いと言われる直径の大きい回転数の低いプロペラの採用ができないなどの不都合が生じる。

このようにLNGの輸送で実績のある船形では液体水素の輸送に最適とは言えないことが判明し新しい形の船が種々検討され報告されている。

4.3 ラッシュ船⁴⁾ (図-6)

潜水船とでも訳すのだろうか。カナダで製造した液体水素をヨーロッパへ運ぶ計画 (Euro-Quebec Hydro-Hydrogen Pilot Project) の中で発表された。液体水素の輸送には、次のような大きな利点があると指摘している。

- 1) 液体水素を移し替えないため移充填ロスが発生せず、バージの必要もない。
- 2) 液化装置側に荷役設備が不要。
- 3) タンクをそのままサテライト基地に配れる。

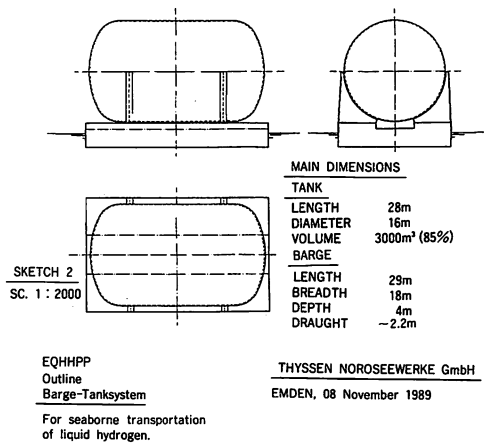


図-7 ラッシュ船に積むバージ型タンク

これは、輸送用のタンクと消費地のタンクとを兼ねるもので、この大型特殊タンク (図-7) をバージに固定し、積込地で液体水素を充填した後、川や海に引き込んで浮かべ、ラッシュ船自体に水を入れて沈めバージを積み込んだ後排水して浮上して輸送する。この採用によって、輸送船から受入基地タンクへの液体水素の移送が不要となり、気化の低減、液体水素中に空気混入の機会を減らすことができ、安全性の向上が計れる。

また、受入後もこのタンクを使用地に配布することで、再分配のためローリーなどへの移充填もいらずロスも減らすことが可能としている。

この案は、確かに有利な点が多いが、ラッシュ船で外洋を航行することが可能な船が建造できるかが、日本にとって問題である。運河の多いヨーロッパでは、このラッシュ船は多く使用されており、日本でも一部で使用されている。

4.4 双胴型船

比重の軽い液体水素の輸送では、喫水の浅いことが

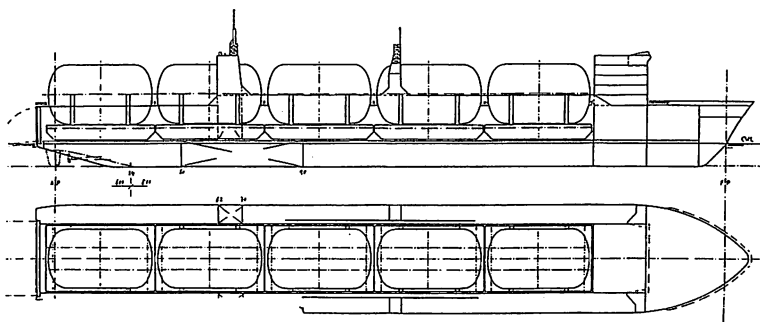
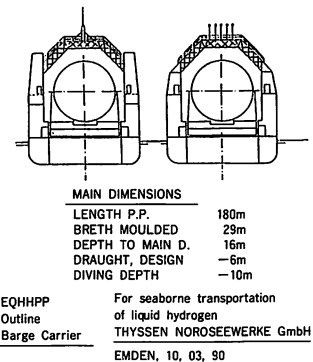
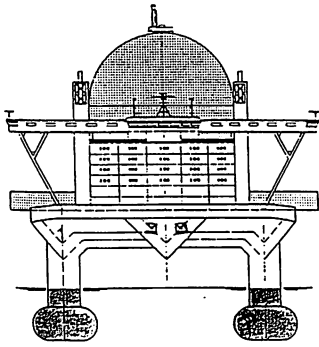


図-6 ラッシュ型LH₂輸送船





SWATH ship
 Cargo capacity 8150 t
 Length overall 322 m
 Breadth (WL) 65 m
 Draught (CWL) 14 m
 Displacement 104 000 t
 Power (mcr) 36 000 kW
 Trial speed 17.5 kn

図-8 双胴型船 8,150^{TON}LH₂

操舵性に影響を与えることはすでに記した。この欠点を逆に利用したのが、半没水型双胴船（図-8⁹⁾、9⁹⁾）で抵抗が減少するため高速航行が可能となった。液体水素の輸送ではこの型の船がいくつか検討されているがここには球形8,150^{TON}（図-8）と円筒型タンク2基を搭載した15,000m³型（図-9）を示した。15,000m³の全長は、126m、喫水12.5m、速力17.5ノットで計画している。

この種の船の特徴は、水中に没するフロート部の容量を積荷が軽いため小さくでき、抵抗を少なくすることが可能な反面、重心が高くなり安全性や安定性に不安な面が生ずる。また、船の建造費も構造が複雑なためLNG船と同型の船体より高くなることは否めない。

4.5 LNG船体を利用した各種船

大きな開発費を費して開発したLNG船が液体水素の輸送に利用できないのは残念と、船体をLNG船と全く同一のものを使用して液体水素の輸送を試みたのが、（図-10）である。

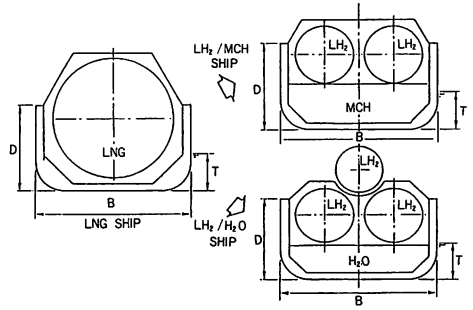


図-10 LNG船体をそのまま使用しての輸送

これは、LNG 船の船体を利用して、同一の喫水にして使用しようとした時、液体水素がいくら積載できるかを検討したものである。喫水を下げのためにバラストに水を入れて水を運ぶ（海水ではない）型が図-10の下の図で6種類の大きさと検討されている。（表3）⁹⁾

また、水ではなく水素化合物の形で運ぶことを計画したものが上の図で、トルエンに水素を添化してメチルシクロヘキサンの形で輸送する。液体水素を荷卸しすると同時に、メチルシクロヘキサンから水素を採り出して、空船ではトルエンの形で回送される。このメチルシクロヘキサンの案は、ケミカルタンカーとして運行できる利点から、カナダからヨーロッパに水素を運ぶ計画の中でも考えられた。

これらの考え方は、比重の軽い液体水素を可能な限り安く運ぶことを考えたために生まれた案で、同様に液体を入れる部分に燃料を入れることを考えた案で、図-11、図-12,のようなものが検討された。この船のコンセプトは、往復の燃料の他に喫水を必要なまで下げるために余分なバラストを積まずに燃料を積もうとい

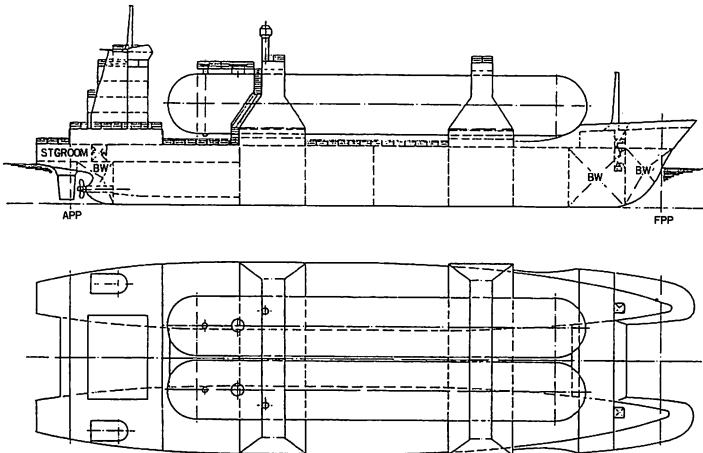


図-9 双胴型船 1,063^{TON}LH₂

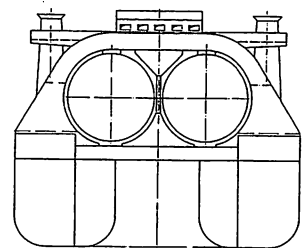


表3 LNG船体利用のLH₂/H₂O輸送船

総トン数	TON	7,800	10,000	15,000	28,000	38,000	50,000
LH ₂ 容量	m ³	12,915	17,460	25,450	46,110	70,510	78,310
H ₂ O容量	m ³	5,735	7,280	11,460	21,380	30,550	41,350
LH ₂ 重量	TON	915	1,237	1,810	3,270	5,000	5,552
下部タンク仕様							
内径	m	8.4	9.5	10.5	13.0	14.1	15.0
基数		4	4	4	4	4	4
長さ	m	37.1	38.3	54.0	54.5	62.6	71
上部タンク仕様							
内径	m	6.9	8.3	9.2	11.4	12.3	13.0
基数		2	2	2	2	2	2
長さ	m	37.1	38.3	54.0	54.5	62.6	71
H ₂ Oタンク長さ	m	3.3	3.7	4.7	6.2	6.9	7.9

うものである。

これらの検討された液体水素輸送船の案を見ると、液体水素が軽いために苦心をしていることが窺える。

4.6 テクノスーパーライナー

新形式の超高速貨物船として運輸省の提案で研究開発が推められている船で、時速50ノット(93km/H)、積載重量1,000トン、航続距離500海里、高い耐波性能を持つため荒天でも外洋を航行可能である。このような高速で航行する船は、燃料の消費量も多く、付加価値の高い積載物でないとならば輸送コストに見合わない。このテクノスーパーライナーは、空気圧力支持方式や揚力支持方式で船体を浮かせて航行する方式を採用するため、積載重量の軽い液体水素の輸送には、重量当りのエネルギー密度は非常に高いから、見方によっては適していると言える。また高速船の駆動エンジンは、一般的にはガスタービンが採用されるから、蒸発したガスを燃料とするだけでなく、主燃料を水素としてクリーンな船としてイメージアップとスピードアップを計るこ

とも夢ではない。空気圧力支持型は、双胴船型の船の前後をシールするホーバークラフトの変型のような船型で、この中に空気を吹き込んで船体を海面から浮かせて進む。船体の受ける抵抗は少ないため所要動力は少なくてすむが、外洋での波の高い時に空気圧を如何に保持するかが課題となる。揚力支持型は、水中翼船で上部船体と下部船体に分れ、貨物室、エンジン、操舵室などは上部にあり、係留中は上部船体が水に漬った状態で浮かび、航行時は下部だけが水中にあって翼の揚力で浮上し上部船体は波に叩かれずに海面より浮上した状態で航行する。荒天でも航行可能であるが、海上の浮遊物などに弱く、所要動力を如何に少くするかが課題である。

4.7 海上輸送の経済性

このように種々の船型の液体水素タンカーが検討されているが、当然のこと乍ら実現の段階ではその安全性と共に経済性の評価で決定されることになる。1回に運べる量は多ければ多い程良いが、積込港や荷卸し

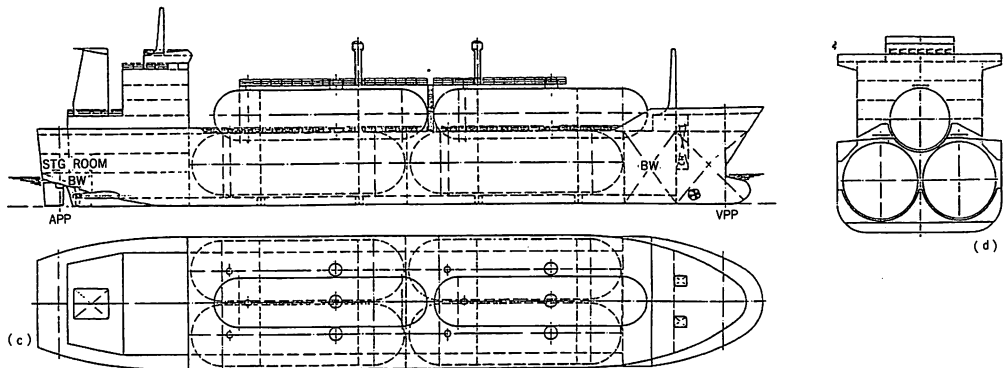


図-11 液体水素と燃料

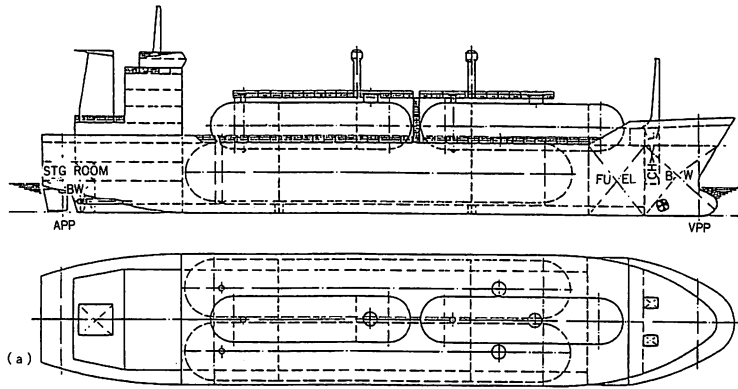


図-12 液体水素と燃料

港の施設で制約されるし、パナマ運河を航行する航路では、バナマックスと称される制限も付く。輸送中の気化ガスの処理方法では、全てロスとなる場合や燃料と混焼することで燃料と等価分を差し引いて評価することもできる。また、再液化装置を搭載することでロスはゼロに近くできるが設備費や維持費は増す。新造した船価の投下資本、これに対する金利、年間必要経費（人件費、燃料代、維持補修費、保険代など）等と耐用年数から年間経費用を算出し、年間に有効に利用できる液体水素（一部ガス水素も含む）の量から輸送コストを算出する。

速度の速い船は、年間の輸送回数は増えても船を大型にすることが困難で、中・小型となり、船型も特殊な型となれば船価も増し、燃料の消費量も増そう。また、同一船型でも、大型船の方が小型より安く運ぶことが可能となる。輸送方法の決定には多くの制約の中で最適船型と大きさを選定する必要がある。

5. パイピング輸送

液体水素を配管で輸送する利点は、連続的かつ定常

的に液体の輸送が可能なことである。逆に言えば、断続的、非定常な輸送では、極低温である液体水素の輸送には適さない。大口径のパイプラインで液体水素を輸送する際に、技術的に解決しなければならない低温であるがための問題点がいくつかある。

熱による収縮 常温から -253°C の液体水素温度まで冷却される二重配管の内管は、常温のままの外管との間に、内管の収縮によって変形が生ずる。この変形を吸収するためにベローズの採用が考えられるが、 1×10^{-5} Torrに近い真空断熱状態でのベローズの信頼性や内管、外管いずれに取付けてもベローズ前後の配管のサポートなどに問題がある。

部分的に高い熱進入 二重配管の積層多層巻真空断熱配管は工場で作製され、現地に運ばれて接続されるが、配管の輸送上の問題から、10~15mの長さとなる。この接続部には配管部より高い熱の進入が生ずることが考えられる。この差が大きくなると部分的な気化が生じてペーパーロックを起して定常的な流れを疎害する心配がある。また、接続部からの漏れにも配慮しなければならない。

表 4 LNG船体利用のLH₂/MCH輸送船

総トン数	TON	7,800	10,000	15,000	28,000	38,000	50,000
LH ₂ 容量	m ³	9,790	12,700	18,800	33,500	44,950	57,200
MCH容量	m ³	7,740	9,900	15,400	28,900	42,000	55,650
LH ₂ 重量	TON	695	900	1,330	2,380	3,190	4,060
MCH重量	TON	5,955	7,600	11,940	22,270	32,360	42,840
LH ₂ のH ₂ 容量	Nm ³ H ₂	7.7×10^6	10×10^6	14.8×10^6	26.3×10^6	35.4×10^6	45.1×10^6
MCHのH ₂ 容量	Nm ³ H ₂	4.0×10^6	5.1×10^6	8.0×10^6	15.1×10^6	21.9×10^6	29.1×10^6
タンク内径	m	8.5	9.5	10.5	13.0	14.1	15.0
基数		4	4	4	4	4	4
タンク長さ	m	47	48	54	67.5	76.7	86
MCHタンク長さ	m	4.8	5.1	6.3	8.4	9.5	10.6

配管のクールダウンと輸送 パイプラインに液体水素を流す前に低温の水素ガスで予冷し、予冷が完了したところで液体水素を流しはじめる。この時、配管の口径が大きいと液体は二相流の状態となり、管の下部を液体が流れ上部は温度の高いガスが流れるようになる。この状態が続くと管の上部と下部で大きい温度差を生じ配管の大きな歪を生ずることとなる。また、部分的に液体のたまりが配管内に生ずると局部的な熱収縮が配管に生じ、ボウイング現象と言う配管が弓なりに浮き上るような事も発生する。

配管による液体水素の輸送は、貨車やタンク・ローリーに比較して16km位までは有利という資料⁹⁾もあるが多くの実績のない現状では、今後の実証テストが待たれる。

6. おわりに

液体水素の長距離輸送では、大型専用船による輸送の検討例を中心に報告したが、どのような形で輸送するとしても、液体水素が極低温の液体であり、輸送途

上での気化ロスを減らすこととその処理が鍵をにぎっていると考えられる。LPG、LNGなどの可燃性液化ガスで大容量の輸送の実績はあるが、LNGより90℃も低い液体水素では断熱構造も大きく異なる。水素はクリーンなエネルギーとしてその利用が再び注目されている今日、輸送上での安全性の確認と技術的な問題点の解決が待たれる。

引用文献

- 1) 水素エネルギーシステム研究会；水素エネルギー読本(1982)、オーム社
- 2) Gas Encycloperdia, L' AIR LIQUIDE.
- 3) 花田卓爾；液体水素の現状と将来、高圧ガス(1978) 高圧ガス保全協会.
- 4) Euro-Quebec Hydro-Hydrogen Pilot Project 関係資料.
- 5) U. Petersen, G. Würsig, R. Krapp. Hydrogen Energy Progress IX, Proceedings of the 9th World Hydrogen Energy Conference Vol. 2 (1992).
- 6) G. Giacomazzi, Prospects For Intercontinental Seaborne Transportation of Hydrogen(1989).
- 7) 部内資料
- 8) NASA REPORT CR-2700 LH₂ Airport Requirements Study, Oct. 1976.

共催行事ごあんない

「第30回日本伝熱シンポジウム

研究発表」募集について

〔開催日〕平成5年5月26日(水)～28日(金)

〔会場〕横浜市開港記念会館

(〒231 横浜市中区本町1-6)

〔研究発表申込締切〕平成5年1月29日(金)必着

〔原稿締切〕平成5年3月15日(月)必着

〔研究発表申込方法〕

1. 申込用紙(または、そのコピー)に必要な事項記入の上、整理費3,000円の送金とともに申し込み。
2. 発表は、1名1題、講演討論時間は約20分

3. 前刷原稿：前刷集はオフセット印刷で、原稿用紙3枚以内(1,927字(41行×47字))とする。原稿用紙は、準備委員会より送付します。

■研究発表問い合わせ・申し込み先

〒223 横浜市港北区日吉3-14-1

慶應義塾大学理工学部機械工学科内
第30回日本伝熱シンポジウム準備委員会

前田 昌信

TEL 045-563-1141 (内) 3120,3130,3233

FAX 045-562-7625